ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГ О НАЗНАЧЕНИЯ

Особенности сельскохозяйственных предприятий как объектов теплоснабжения

1. Низкая плотность тепловых нагрузок и большая рассредоточенность потребителей
2. Большая неравномерность нагрузки и малый коэффициент использования максимума
3. Необходимость поддерживать оптимальные параметры микроклимата в сельскохозяйственных помещениях для нормальной жизнедеятельности животных, птицы и растений

Использование электрической энергии позволяет:

1. Автоматизировать технологические процессы
2. Сократить потери тепловой энергии
3. Увелисчить привесы и снизить расход кормов
4. Повысить технический уровень производства. Производительность и культуру труда
5. Уменьшить загрязнение окружающей среды
6. Высвободить большое количество обслуживающего персонала
7. Увеличить надежность теплоснабжения

Низкотемпературный нагрев применяется для:

А)нагрева воздуха:

-в системах приточной вентиляции

-при создании оптимального температурно-влажностного режима (микроклимата)

-в системах рециркуляции овоще-, фруктохранилищ и т.д.

-при сушке сена, семян и др.

Б)нагрева воды и производства пара для:

-кормоприготовления

-санитарно-гигиенической обработки

-первичной обработки с.х. продукции

-отопления и вентиляции

-поливки растений

-различных технологических нужд

В)местного обогрева при использовании:

-инфракрасных облучателе для растениеводства и животноводства

-панелей, радиаторов, полов и т.п.

Классификация электротермических установок

Способ нагрева	Механизм преобразования энергии	Область применения
Сопротивлением	Электрическая энергия превращается в тепловую при протекании тока	Нагрев и плавка металлов, воздуха, воды и др.
Электрической дугой	Электрическая энергия превращается в тепловую в дуговом разряде	Плавка металлов, электросварка, нагрев газов, резка металлов

В переменном магнитном поле (индукционный)	**Электрическая энергия превращается в энергию переменного магнитного поля, а затем в тепловую в проводящих материалах, помещенных в это поле**	**Плавка и нагрев металлов, нагрев металлов для передачи теплоты охлаждающей жидкости или газам**
В переменном электрическом поле (диэлектрический)	Электрическая энергия превращается в энергию переменного электрического поля, а затем в тепловую в диэлектрических материалах, помещенных в это поле	Нагрев диэлектриков, пластмасс, древесины, сельскохозяйственной продукции
Квантами (инфракрасный и лазерный)	Электрическая энергия превращается в лучистую, а затем в тепловую в телах, на которые падает лучистый поток	Отоплене помещений, людей. Животных, животных и птицы, сушка

Содержание полного расчета электротермической установки (ЭТУ)

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭТУ

$$P_{\text{р}} = \Phi + \Phi_{\text{О}} + \Phi_{\text{К}} + P_{\text{Э}}$$

где Ф-полезный тепловой поток, необходимый для термического процесса (нагрев, испарение, плавление и др., Вт;

$\Phi_{\text{О}}$ - тепловой поток, теряемый через ограждающие поверхности установки, Вт;

$\Phi_{\text{К}}$-тепловой поток, идущий на нагрев конструкций ЭТУ, Вт;

$P_{\text{Э}}$—электрические потери в преобразователях и цепях управления, Вт

Полезный поток

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

где Q – полезная теплота, Дж; (1 Дж=2,78·10^{-4} Вт ч)

t – время обработки, с.

Полезная теплота при:

нагреве материала

$$Q = Mc_{\text{М}}(T_K - T_H) \quad (1)$$

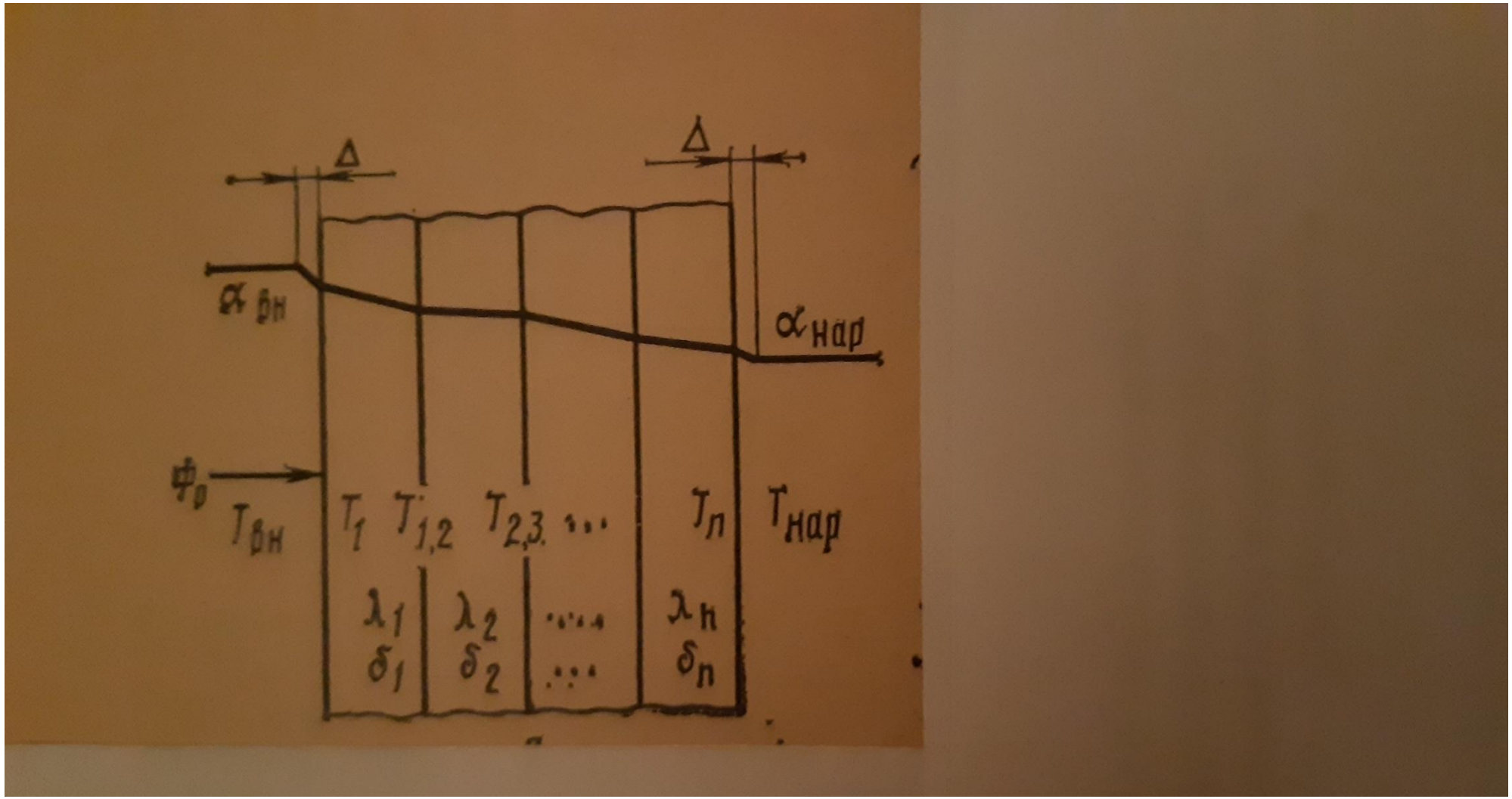
плавлении

$$Q = M \cdot c_{\text{М}} \cdot (T_{\text{П}} - T_H) + \text{М} \cdot \lambda_\theta \quad (2)$$

испарении

$$Q = M \cdot c_{\text{М}} \cdot (T_{\text{И}} - T_H) + \text{М} \cdot r \quad (3)$$

Рисунок 1 – Расчетная схема ЭТУ с многослойной стенкой



Тепловой поток через многослойную стенку, Вт

$$\Phi_0 = \frac{\Delta T}{\frac{1}{A}\left(\frac{1}{\alpha_{\text{ВН}}} + \sum_{i=1}^{i=n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{НАР}}}\right)} \qquad (4)$$

где ΔT-разность температур между внутренней и наружной средой, град;

$\alpha_{\text{ВН}}$-коэффициент теплоотдачи от внутренней среды к внутренней поверхности стенки, Вт/(м^2 град);

$\alpha_{\text{НАР}}$- коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности стенки ЭТУ к окружающей среде, Вт/(м^2 град);

λ_i – теплопроводность i-го слоя изоляции, Вт/(м град);

δ_i – толщина i-го слоя изоляции, м;

A-площадь поверхности стенки, м^2;

n-число слоев изоляции.

Расчетная мощность ЭТУ

$$P_P = \frac{\Phi}{\eta_T \eta_Э}$$

Установленная мощность ЭТУ

$$P_У = K_З P_P$$

Тепловой поток Ф – аналог силы тока

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Тогда формула (4) запишется следующим образом:

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{ВН} + \sum R_i + R_{НАР}}$$

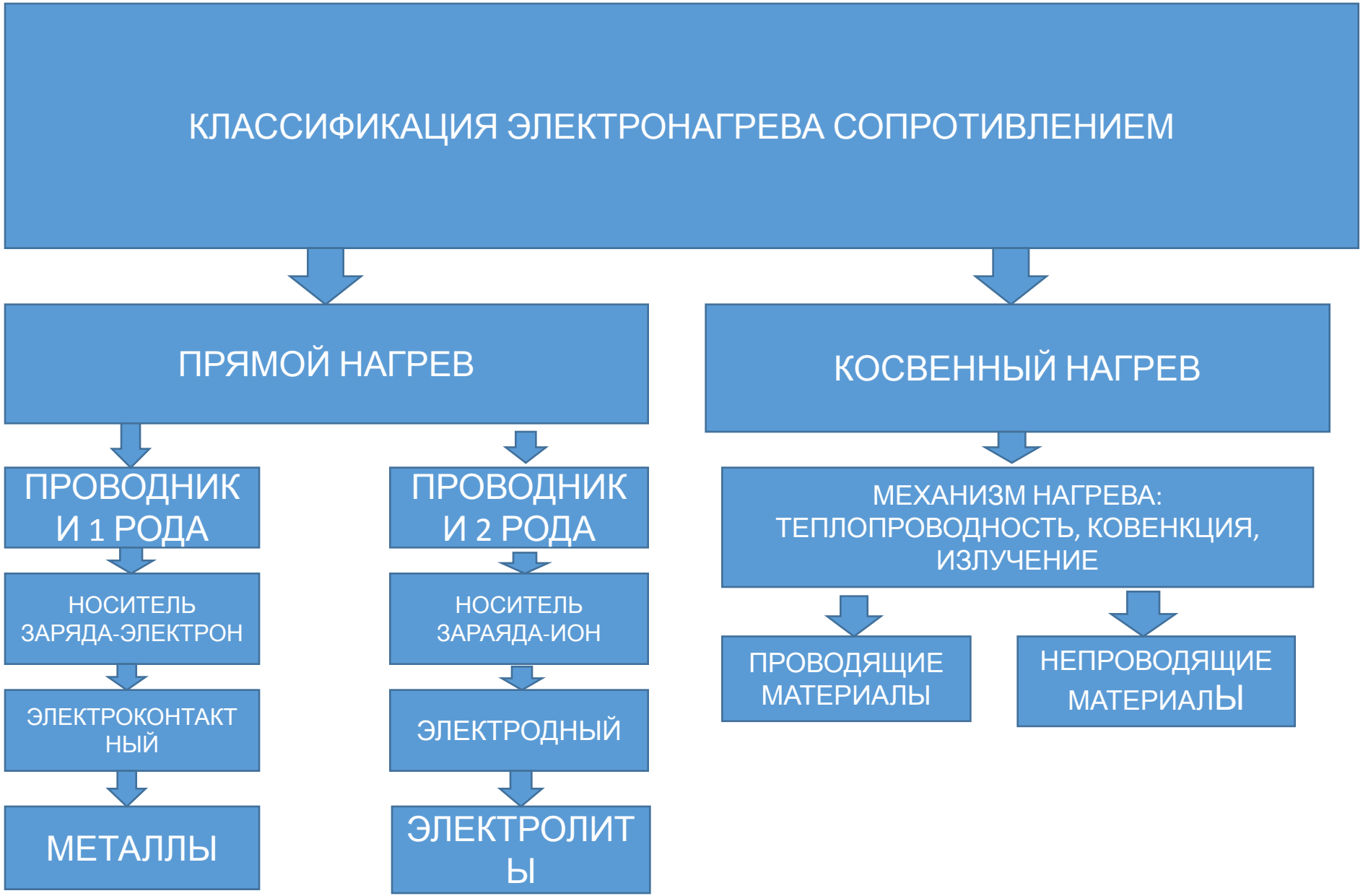
где $R_{ВН} = \frac{1}{\alpha_{ВН} \cdot A}$; $R_{НАР} = \frac{1}{\alpha_{НАР} \cdot A}$; $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i A}$

ЭЛЕКТРОНАГРЕВ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

СПОСОБЫ НАГРЕВА СОПРОТИВЛЕНИЕМ

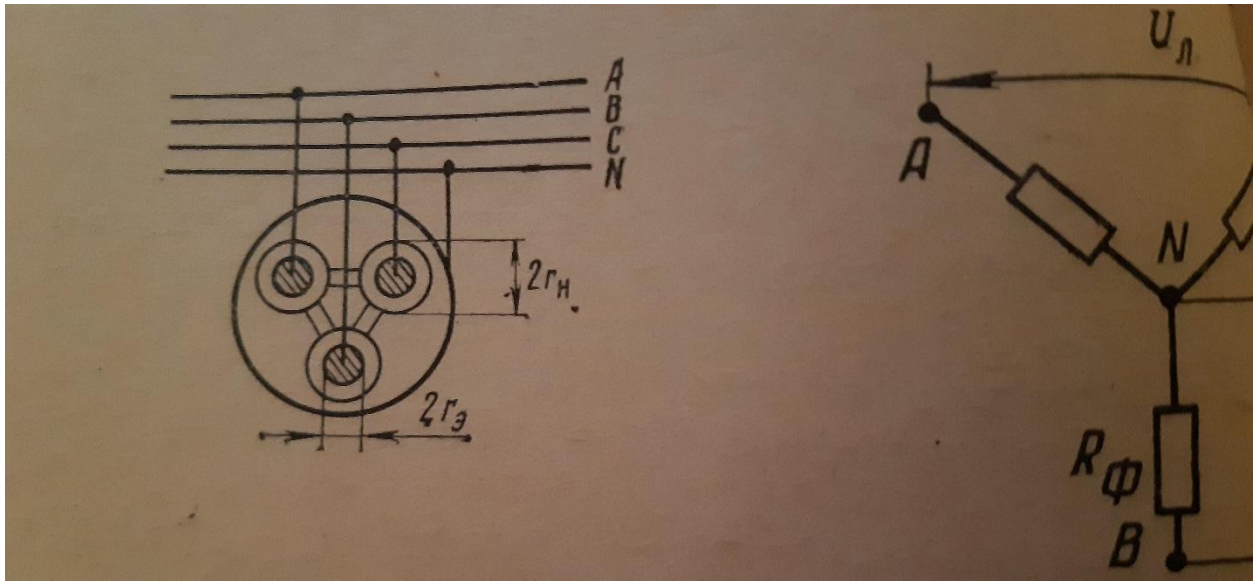
ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА

$$Q = I^2 R t$$


КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА СОПРОТИВЛЕНИЕМ
ПРЯМОЙ НАГРЕВ
КОСВЕННЫЙ НАГРЕВ
ПРОВОДНИКИ 1 РОДА
НОСИТЕЛЬ ЗАРЯДА-ЭЛЕКТРОН
ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ
МЕТАЛЛЫ
ПРОВОДНИКИ 2 РОДА
НОСИТЕЛЬ ЗАРАЯДА-ИОН
ЭЛЕКТРОДНЫЙ
ЭЛЕКТРОЛИТЫ
МЕХАНИЗМ НАГРЕВА: ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, КОВЕНКЦИЯ, ИЗЛУЧЕНИЕ
ПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ
НЕПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

РИСУНОК 1-КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА АППАРАТА С КОАКСИАЛЬНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ



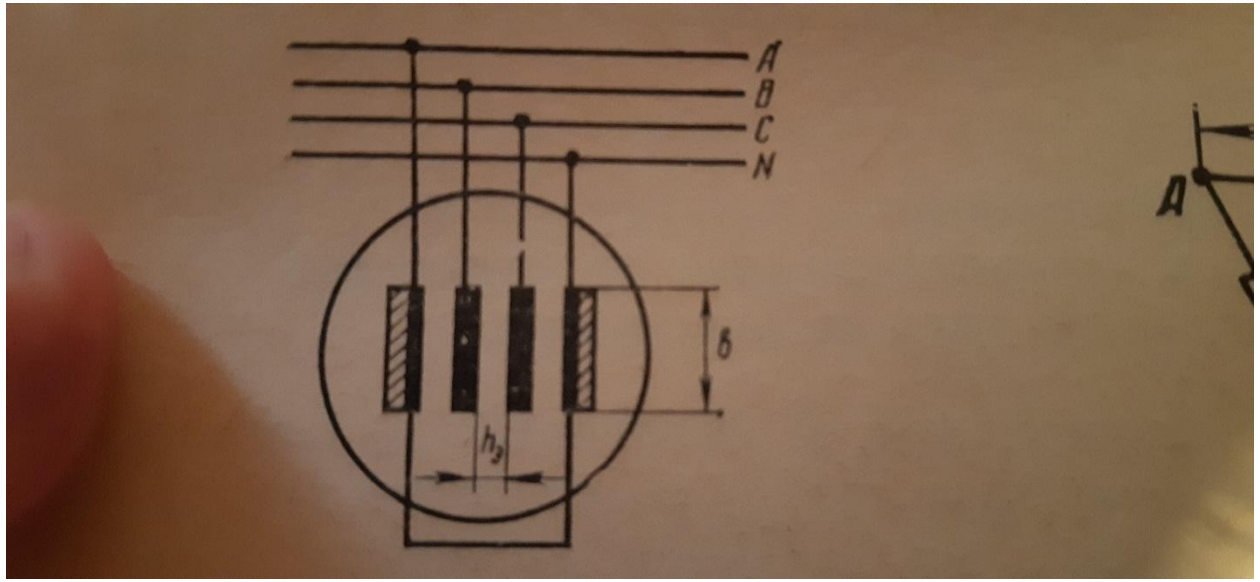
$$E_{MAX} = \frac{U_{\Phi}}{r_{Э} \cdot ln\frac{r_{Н}}{r_{Э}}}$$

-максимальная напряженность электрического поля, В/м

$$k_{ЭГ} = \frac{1}{2\pi} ln\frac{r_{Н}}{r_{Э}}$$

-геометрический коэффициент формы электродов

РИСУНОК 2-КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА АППАРАТА С ПЛОСКО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ



УСЛОВИЯ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

$$E_{\text{ДОП}} \geq E_{MAX} \qquad 1)$$

$$J_{\text{ДОП}} \geq J_{MAX} \qquad 2)$$

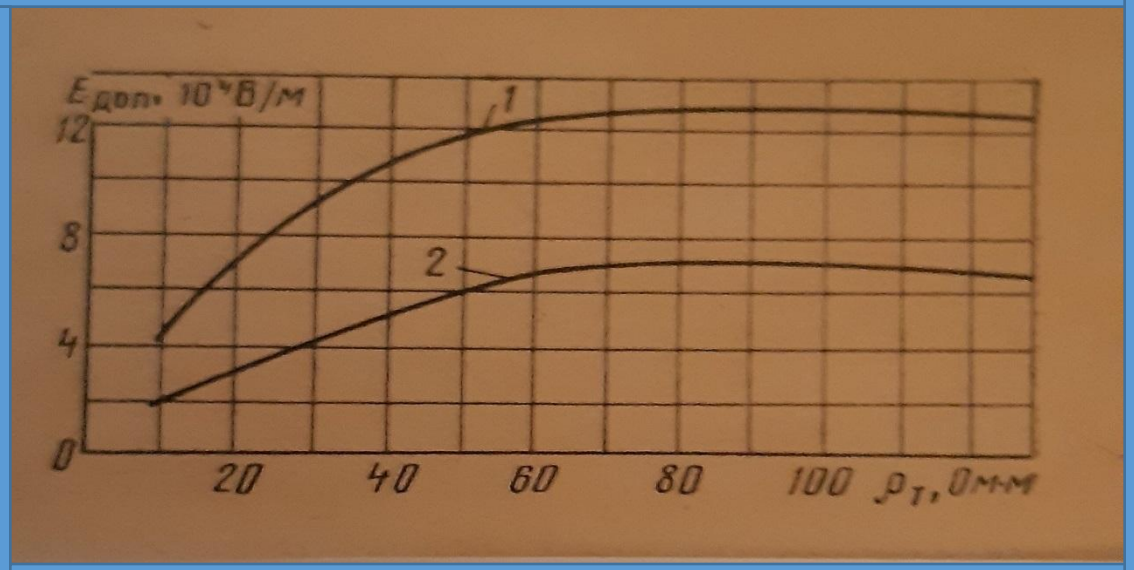
$E_{\text{ДОП}}$-допустимая напряженность электрического поля между электродами, В/м

E_{MAX}-фактическая максимальная напряженность электрического поля в межэлектродном пространстве, В/м

$J_{\text{ДОП}}$-допустимая плотность тока на электродах, А/м^2

J_{MAX}-фактическая плотность тока на электродах, А/м^2

РИСУНОК 3- ЗАВИСИМОСТЬ ДОПУСТИМОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ



1-ДЛЯ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ; 2-ДЛЯ ПАРОГЕНЕРАТОРВ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ:

V_t – ОБЪЕМНЫЙ РАСХОД ВОДЫ, $м^2$;

ρ_{20}- УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 20°С, Ом м, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ $E_{ДОП}$ В СООТВЕТСТВИИ С РИСУНКОМ 3 НА ПРЕДЫДУЩЕМ СЛАЙДЕ :

$$\rho_{Т} = \frac{40\rho_{20}}{T_{ВЫХ}-20} \qquad 3)$$

$T_{ВХ}$- ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ НА ВХОДЕ, °С

$T_{ВЫХ}$-ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ НА ВЫХОДЕ, °С

ОПТИМАЛЬНОЕ ОТНОШЕНИЕ ДАМЕТРОВ НАРУЖНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ КОАКСИАЛЬНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (РИСУНОК 1)

$$\frac{d_{\text{Н}}}{d_{\text{Э}}} = e = 2{,}718 \qquad 4)$$

где $d_{\text{Н}}$- диаметр наружнего электрода, м

$d_{\text{Э}}$-диаметр внутреннего электрода, м

МИНИМАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОДА ИСХОДЯ ИЗ ДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$d_{\text{В}} \geq \frac{2k_{\text{Н}}U_{\text{Ф}}}{E_{\text{ДОП}}} \qquad 5)$$

где $U_{\text{Ф}}$ - фазное напряжение,В;

$k_{\text{Н}} = 1{,}1 \ldots 1{,}4$ – коэффициент неравномерности тока на электродах;

$E_{\text{ДОП}}$ -допустимая напряженность электрического поля (определяется по рисунку 3)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ЭЛЕКТРОДОВ

$$h = \frac{40\rho_{\text{Т}} k_{\text{ЭГ}} c_{\text{М}} \rho_{\text{В}} V_t}{3U_{\text{Ф}}^2 \eta_{\text{Т}}} ln \frac{T_{\text{ВЫХ}}}{T_{\text{ВХ}}} \qquad 6)$$

где $\rho_{\text{Т}}$ - удельное сопротивление воды при температуре 20 град, Ом м (выбирается по варианту задания);

$k_{\text{ЭГ}}$ - геометрический коэффициент электродной системы (См.рисунок 1);

$c_{\text{М}}$ - удельная теплоемкость воды, $c_{\text{М}}$=1,16 (Вт ч)/(кг град);

$\rho_{\text{В}}$- плотность воды, $\rho_{\text{В}}$=1000 кг/м^3;

V_t - массовый расход воды, м^3/ч (выбирается по заданию и варианту);

$\eta_{\text{Т}}$-термический КПД, $\eta_{\text{Т}}$=0,95;

$T_{\text{ВЫХ}}$ - температура воды на выходе (выбирается по заданию и варианту);

$T_{\text{ВХ}}$ - температура воды на входе(выбирается по заданию и варианту);

РЕЗУЛЬТАТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫРАЖЕНИЯ 6)

$$\frac{A}{V_t} = ln\frac{T_{\text{ВЫХ}}}{T_{\text{ВХ}}} \qquad 7)$$

где $A = \frac{3U_{\Phi}^2 h\eta_{\text{Т}}}{40\rho_{\text{Т}}k_{\text{ЭГ}}c_{\text{М}}\rho_{\text{В}}}$ - величина, не зависящая от расхода воды.

МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОДНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

$$P = \frac{c_{\text{М}}\rho_{\text{В}}V_t}{\eta_{\text{Т}}} \cdot T_{\text{ВХ}} \cdot \left(e^{A/V_t} - 1\right) \qquad 8)$$